

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

35670 U.S. PRO

09/742576



廿

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年12月27日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第370938号

出 願 人

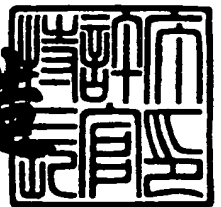
Applicant(s):

ノーリツ鋼機株式会社

2000年12月 1日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3098619

【書類名】 特許願

【整理番号】 99-0150

【提出日】 平成11年12月27日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 G06T 5/00

【発明の名称】 画像処理方法および画像処理プログラムを記録した記録媒体

【請求項の数】 18

【発明者】

【住所又は居所】 京都府宇治市五ヶ庄（番地なし） 京都大学大学院情報学研究科内

【氏名】 英保 茂

【発明者】

【住所又は居所】 和歌山県和歌山市梅原 5 7 9 - 1 ノーリツ鋼機株式会社内

【氏名】 新田 庫治

【発明者】

【住所又は居所】 和歌山県和歌山市梅原 5 7 9 - 1 ノーリツ鋼機株式会社内

【氏名】 出立 祥一

【特許出願人】

【識別番号】 000135313

【氏名又は名称】 ノーリツ鋼機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9801425

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法および画像処理プログラムを記録した記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、

原画像の画像データからマイナスされる 2 次微分の大きさを決定する第 1 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化処理の度合いを制御することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】

入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 1 のパラメータを設定することを特徴とする請求項 1 記載の画像処理方法。

【請求項 3】

原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、

上記 2 次微分が、注目画素とその近傍にある複数の画素との画素値の差分の総和によって得られるとともに、上記の各差分には係数が乗じてあり、各係数が、対応する差分の大きさに応じて変化することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 4】

上記係数が、上記差分の大きさが第 2 のパラメータより大きい場合と、上記差分の大きさが第 2 のパラメータより小さい場合とで、異なる値となるように設定するとともに、上記第 2 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御することを特徴とする請求項 3 記載の画像処理方法。

【請求項 5】

入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 2 のパラ

メータを設定することを特徴とする請求項 4 記載の画像処理方法。

【請求項 6】

原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、

上記 2 次微分に上限および／または下限が設けられており、この上限および／または下限を決定する第 3 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 7】

上記の上限および／または下限が、上記第 3 のパラメータを色差微分値で除した値によって決定されることを特徴とする請求項 6 記載の画像処理方法。

【請求項 8】

入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 3 のパラメータを設定することを特徴とする請求項 6 または 7 記載の画像処理方法。

【請求項 9】

原画像の画素データに対して、各色成分毎に 2 次微分による鮮鋭化処理を行うことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 10】

原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理をコンピュータに実行させる画像処理プログラムを記録した記録媒体であって、

原画像の画像データからマイナスされる 2 次微分の大きさを決定する第 1 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化処理の度合いを制御する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 11】

入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 1 のパラ

メータを設定する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求項 1 0 記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 1 2】

原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理をコンピュータに実行させる画像処理プログラムを記録した記録媒体であって、

上記 2 次微分が、注目画素とその近傍にある複数の画素との画素値の差分の総和によって得られるとともに、上記の各差分には係数が乗じてあり、各係数が、対応する差分の大きさに応じて変化する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 1 3】

上記係数が、上記差分の大きさが第 2 のパラメータより大きい場合と、上記差分の大きさが第 2 のパラメータより小さい場合とで、異なる値となるように設定するとともに、上記第 2 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求項 1 2 記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 1 4】

入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 2 のパラメータを設定する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求項 1 3 記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 1 5】

原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理をコンピュータに実行させる画像処理プログラムを記録した記録媒体であって、

上記 2 次微分に上限および／または下限が設けられており、この上限および／または下限を決定する第 3 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合

いを制御する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 1 6】

上記の上限および／または下限が、上記第 3 のパラメータを色差微分値で除した値によって決定される処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求項 1 5 記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 1 7】

入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 3 のパラメータを設定する処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求項 1 5 または 1 6 記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 1 8】

原画像の画素データに対して、各色成分毎に 2 次微分による鮮鋭化処理を行う処理をコンピュータに実行させることを特徴とする請求項 1 0 ないし 1 7 のいずれかに記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、デジタル画像データに対して、鮮鋭化処理を行うための画像処理方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来技術】

従来、写真などの画像を印画紙に焼き付ける写真焼付装置として、写真画像が記録されたネガフィルムを介して印画紙を露光するアナログプリンタや、ネガフィルムに記録された画像をスキャナ等で読み取った画像データ、およびデジタルカメラなどによって撮影された画像データに基づいて印画紙を露光するデジタルプリンタが種々提案されている。特に、デジタルプリンタは、画像データに対して色補正や濃度補正等の画像処理をおこなう画像処理装置と組み合わせて用いることで、アナログプリンタでは実現できないような色補正や濃度補正等を行うこ

とができると共に、顧客の要望に応じた画像を容易にかつ迅速に得ることができるという利点があり、現在広く用いられている。

【 0 0 0 3 】

また、コンパクトカメラや使い捨てカメラなどの普及によって、一般の人でもカラー写真を撮影する機会が多くなっている。最近のカメラには、オートフォーカス機能や自動発光機能などが備えられており、写真撮影に不慣れな人でも、ある程度のクォリティで写真撮影を行うことが可能となっている。しかしながら、オートフォーカス機能では、どこにピントが合うことになるのかが撮影者にとってわかりづらく、主要な被写体がフレームの中央にないときなどは、その主要な被写体にピントが合っていない状態で撮影が行われてしまうこともある。また、自動発光機能によって、逆光撮影時などにおいても、ある程度の写真を撮影することが可能となっているが、それでも不自然な写真画像となることもある。さらに、撮影時の僅かな手ぶれが原因で、全体がぼけた感じの写真画像になることもある。

【 0 0 0 4 】

以上のように、撮影された画像には、種々の原因によってぼけが生じている場合がある。そこで、上記の画像処理装置において、入力されたデジタル画像データにぼけが生じている場合には、鮮鋭化処理と呼ばれる画像処理を行うことがある。鮮鋭化処理とは、ぼけによる画像の劣化を復元させたり、あるいは目的に応じて画像を見やすくするために、画像におけるエッジを強調する処理のことである。鮮鋭化処理の具体的な方法としては、1次微分演算による強調や2次微分演算（ラプラシアン）による強調などがあるが、比較的自然な強調処理を行うことができることから、ラプラシアンによる強調が広く用いられている。

【 0 0 0 5 】

ラプラシアンによる処理は、原画像の画像データにおける各画素値から、その画像データの各画素におけるラプラシアンをマイナスすることによってエッジの強調が行われる。原画像の画像データにおける各画素値、すなわち原信号を $f(i, j)$ (i, j は座標を表す)、ラプラシアンによる処理が施された後の各画素値、すなわち処理済信号を $F(i, j)$ とすると、上記の処理は、次の式で表される。

$$F(i, j) = f(i, j) - \nabla^2 f(i, j) \quad (1)$$

以上の処理を図 7 (a) ないし (d) に基づいて説明すれば次のようになる。
図 7 (a) は、横方向に各画素の位置、縦方向に画素値をとった原信号の概略を示しており、同図 (b) は、原信号の一次微分、同図 (c) は、原信号のラプラシアン、同図 (d) は、上記の (1) 式で求められる、(原信号) - (ラプラシアン) をそれぞれ示している。

【0006】

図 7 (a) に示す原信号は、左側で画素値が低く、右側で画素値が高くなっており、中央付近に境界領域が存在している。この境界領域での画素値の変化は、ややなだらかになっており、多少エッジがぼやけている状態となっている。

【0007】

この原信号に対して一次微分を行うと、図 7 (b) に示すように、境界領域の中央部分で極大値をとる分布となる。そして、さらに微分を行うことによってラプラシアンを求めると、図 7 (c) に示すように、境界領域の左側に極大値、右側に極小値をとる分布となる。このラプラシアンを、原信号からマイナスすると、原信号において、左側の画素値が低い領域から境界領域に変化する部分の値は、ラプラシアンにおける左側の極大値がマイナスされることによって、さらに低くなる。また、原信号において、境界領域から右側の画素値が高い領域に変化する部分の値は、ラプラシアンにおける右側の極小値がマイナスされる（極小値が負の値であるので、実質的にプラスされる）ことによって、さらに高くなる。したがって、図 7 (d) に示すように、境界領域の画素値の変化が、原信号に比べて急峻となり、ぼけが抑制され、エッジが強調されることになる。

【0008】

図 7 (a) ないし (d) において示した処理を、数式に基づいて説明すれば以下のようなになる。上記の (1) 式の右辺は、次のように変形することができる。

【0009】

【数 1】

$$f(i, j) - \nabla^2 f(i, j) = 9f(i, j) - (f(i+1, j) + f(i-1, j) + f(i, j+1) + f(i, j-1) + f(i+1, j+1) + f(i-1, j+1) + f(i+1, j-1) + f(i-1, j-1)) \quad (2)$$

【0010】

なお、上記の(2)式は、説明の便宜上、注目画素を中心とする 3×3 のマトリクスを想定した式となっている。この(2)式において、座標 (i, j) にある画素が、画素値変化における傾斜の中央付近、すなわち傾斜の変化がほとんどない領域や、画素値変化がほとんどない領域にある場合には、 $\nabla^2 f(i, j) = 0$ であり、 $F(i, j) = f(i, j) - \nabla^2 f(i, j)$ から $F(i, j) = f(i, j)$ となり、画素値の変化はほとんどないことになる。

【0011】

一方、座標 (i, j) にある画素が、画素値変化における傾斜の下部、すなわち、エッジにおける画素値の低い側にある場合には、座標 (i, j) の周囲には、 $f(i, j)$ よりも画素値の大きい画素が多く存在することになる。よって、(2)式右辺の第2項以降の、座標 (i, j) の周囲の8つの画素の画素値の総和は、 $f(i, j)$ の8倍よりも大きくなる。したがって、 $f(i, j) - \nabla^2 f(i, j) < f(i, j)$ となり、画素値が若干小さくなる。

【0012】

また、座標 (i, j) にある画素が、画素値変化における傾斜の上部、すなわち、エッジにおける画素値の高い側にある場合には、座標 (i, j) の周囲には、 $f(i, j)$ よりも画素値の小さい画素が多く存在することになる。よって、(2)式右辺の第2項以降の、座標 (i, j) の周囲の8つの画素の画素値の総和は、 $f(i, j)$ の8倍よりも小さくなる。したがって、 $f(i, j) - \nabla^2 f(i, j) > f(i, j)$ となり、画素値が若干大きくなる。

【0013】

このように、ラプラシアン演算による画像処理を行うことによって、画像のエッジにおいて、画素値が低い側はより低く、画素値が高い側はより高くなるような処理が行われるので、エッジが強調されることになる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

上記のように、ラプラシアン演算による画像処理を行えば、画像のエッジを強調することによって、画像のぼけを抑制することが可能となるが、同時に、ノイ

ズが増幅されるという問題や、オーバーシュート、アンダーシュートが生じるという問題も発生することになる。

【0015】

まず、ノイズが増幅されることについて以下に説明する。図8(a)は、ノイズが発生している画像における、横方向に各画素の位置、縦方向に画素値をとった原信号を示しており、同図(b)は、上記の(1)式で求められる、(原信号) - (ラプラシアン)を示している。図8(a)と(b)とを比較すればわかるように、ラプラシアンによる画像処理を行うことによってノイズが増幅されてしまっている。このことについて、具体的な数値を使って以下に説明する。

【0016】

【表1】

原信号 A	100	100	100	100	125	100	100	100	100
ラプラシアン B	0	0	0	25	-50	25	0	0	0
A - B	100	100	100	75	175	75	100	100	100

【0017】

表1において、1行目の各数字は、一次元上に並んだ原信号における各画素値を示しており、画素値が100で均一な画像データ中に、画素値が125となるノイズが1か所含まれている状態を示している。2行目の各数字は、1行目の原信号に対応するラプラシアンを示しており、画素値の変化が無い画素では0であるが、ノイズが生じている画素の両隣の画素で25、ノイズが生じている画素で-50となっている。3行目の各数字は、(原信号) - (ラプラシアン)を示しており、画素値の変化が無い画素では、原信号と同じ100となっているが、ノイズが生じている画素の両隣の画素で75に減少し、ノイズが生じている画素で175に増大している。

【0018】

このように、原信号において、画素値が125であったノイズが、ラプラシアンによる画像処理を行うことによって、画素値で175に増大しており、著しくノイズが増幅されていることがわかる。また、ノイズが生じている画素の両隣の

画素の画素値が若干減少しているのので、ノイズが余計に目立つような状態になっている。

【 0 0 1 9 】

次に、オーバーシュート、アンダーシュートが生じることについて以下に説明する。図 9 (a) は、エッジが比較的明確となっている画像における、横方向に各画素の位置、縦方向に画素値をとった原信号を示しており、同図 (b) は、原信号のラプラシアン、同図 (c) は、上記の (1) 式で求められる、(原信号) - (ラプラシアン) をそれぞれ示している。図 9 (c) に示すように、エッジが比較的明確となっている画像に対してラプラシアンによる画像処理を行うと、エッジを中心にして、画素値が低い側はより低い値に、画素値が高い側はより高い値に画素値が変換されており、アンダーシュートおよびオーバーシュートが生じていることがわかる。このことについて、具体的な数値を使って以下に説明する。

【 0 0 2 0 】

【表 2】

原信号 C	100	100	100	150	150	150	100	100	100
ラプラシアン D	0	0	50	-50	0	-50	50	0	0
C-D	100	100	50	200	150	200	50	100	100

【 0 0 2 1 】

表 2 において、1 行目の各数字は、一次元上に並んだ原信号における各画素値を示しており、画素値が 1 0 0 の画素領域と、画素値が 1 5 0 の画素領域とが隣接した状態、すなわち、エッジにおいて急激に値が変化している状態を示している。2 行目の各数字は、1 行目の原信号に対応するラプラシアンを示しており、画素値の変化が無い画素では 0 であるが、画素値が 1 5 0 の画素に隣接している、画素値が 1 0 0 の画素では、ラプラシアンが 5 0 となっており、画素値が 1 0 0 の画素に隣接している、画素値が 1 5 0 の画素では、ラプラシアンが - 5 0 となっている。3 行目の各数字は、(原信号) - (ラプラシアン) を示しており、画素値の変化が無い画素では、原画像画素データと同じ画素値となっているが、

画素値が 1 5 0 の画素に隣接している、画素値が 1 0 0 の画素では、画素値が 5 0 に減少しており、画素値が 1 0 0 の画素に隣接している、画素値が 1 5 0 の画素では、画素値が 2 0 0 に上昇している。

【 0 0 2 2 】

このように、エッジが比較的明確となっている画像に対してラプラシアンによる画像処理を行うと、エッジの近傍でオーバーシュートおよびアンダーシュートが生じていることがわかる。このような処理が行われると、例えば、暗い背景の中に明るい被写体が写っている写真画像において、被写体の周縁部分が必要以上に明るくなったり、被写体の周囲の背景に暗い縁が生じたりすることになり、不自然な写真画像となってしまふ。

【 0 0 2 3 】

本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、デジタル画像データに対して、鮮鋭化処理を行う際に、ノイズの強調や、オーバーシュート・アンダーシュートの発生などの問題が生じない画像処理方法および画像処理プログラムを記録した記録媒体を提供することにある。

【 0 0 2 4 】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、請求項 1 記載の画像処理方法は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、原画像の画像データからマイナスされる 2 次微分の大きさを決定する第 1 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化処理の度合いを制御することを特徴としている。

【 0 0 2 5 】

上記の方法では、第 1 のパラメータが、原画像の画像データからマイナスされる 2 次微分の大きさを決定するものであり、この第 1 のパラメータが変更可能となっている。すなわち、原画像に発生しているぼけの状態に応じて、第 1 のパラメータを変更することによって、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができる。

【 0 0 2 6 】

請求項 2 記載の画像処理方法は、請求項 1 記載の方法において、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 1 のパラメータを設定することを特徴としている。

【 0 0 2 7 】

上記の方法によれば、第 1 のパラメータを、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって設定しているので、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができる。

【 0 0 2 8 】

請求項 3 記載の画像処理方法は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、上記 2 次微分が、注目画素とその近傍にある複数の画素との画素値の差分の総和によって得られるとともに、上記の各差分には係数が乗じてあり、各係数が、対応する差分の大きさに応じて変化することを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

2 次微分は、基本的に、注目画素とその近傍にある複数の画素との画素値の差分の総和によって得られるものであるが、上記の方法によれば、上記の各差分には係数が乗じてあり、各係数が、対応する差分の大きさに応じて変化するものとなっている。すなわち、例えば、差分の大きさが大きいほど、対応する係数の大きさを大きくするように設定すれば、2 次微分は、差分の大きさが小さい近傍画素の影響が小さくなる。したがって、例えば近傍画素にわずかなノイズが発生している場合などに、このノイズの影響が 2 次微分に含まれてしまうことを抑制することが可能となるので、鮮鋭化処理によってノイズが強調されてしまうことを抑制することが可能となる。

【 0 0 3 0 】

請求項4記載の画像処理方法は、請求項3記載の方法において、上記係数が、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合と、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合とで、異なる値となるように設定するとともに、上記第2のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御することを特徴としている。

【0031】

上記の方法によれば、上記係数が、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合と、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合とで、異なる値となるように設定されている。ここで、例えば、上記係数を、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合に大きな値となり、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合に小さな値となるように設定しておけば、上記と同様に、例えば近傍画素にわずかなノイズが発生している場合などに、2次微分に、このノイズの影響が含まれてしまうことを抑制することが可能となる。また、原画像の画像状態に応じて、第2のパラメータを変更することによって、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができる。

【0032】

請求項5記載の画像処理方法は、請求項4記載の方法において、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第2のパラメータを設定することを特徴としている。

【0033】

上記の方法によれば、第2のパラメータを、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって設定しているので、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができる。

【0034】

請求項6記載の画像処理方法は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における2次微分をマ

イナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、上記 2 次微分に上限および／または下限が設けられており、この上限および／または下限を決定する第 3 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御することを特徴としている。

【 0 0 3 5 】

上記の方法によれば、2 次微分に上限および／または下限が設けられているので、例えば、原画像において十分にエッジが強調されている領域に対して、さらに不必要なエッジ強調処理がなされることを防止することができる。これにより、鮮鋭化処理された画像におけるオーバーシュート・アンダーシュートの発生の問題を抑制することができる。また、上記の上限および／または下限は、第 3 のパラメータによって変更することが可能であるので、原画像の画像の状態に応じて、上限の値を変更し、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができる。

【 0 0 3 6 】

請求項 7 記載の画像処理方法は、請求項 6 記載の方法において、上記の上限および／または下限が、上記第 3 のパラメータを色差微分値で除した値によって決定されることを特徴としている。

【 0 0 3 7 】

上記の方法によれば、上記の上限および／または下限が、第 3 のパラメータを色差微分値で除した値によって決定されている。色差微分値が大きい領域とは、エッジが強い領域であり、色差微分値が小さい領域とは、エッジが弱い領域である。すなわち、エッジが強い領域では、上限および／または下限の絶対値が小さくなり、エッジが弱い領域では、上限および／または下限の絶対値が大きくなることになる。つまり、原画像において十分にエッジが強調されている領域に対しては、上限および／または下限の絶対値が小さくなることによって、2 次微分が不必要に大きくなることが防止され、必要以上の鮮鋭化処理が抑制される。また、原画像において、ぼけがある程度発生している領域に対しては、上限および／または下限の絶対値が大きくなることによって、2 次微分は比較的大きくなり、的確に鮮鋭化処理を行うことができる。

【 0 0 3 8 】

請求項 8 記載の画像処理方法は、請求項 6 または 7 記載の方法において、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 3 のパラメータを設定することを特徴としている。

【 0 0 3 9 】

上記の方法によれば、第 3 のパラメータを、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって設定しているので、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができる。

【 0 0 4 0 】

請求項 9 記載の画像処理方法は、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の方法において、原画像の画素データに対して、各色成分毎に 2 次微分による鮮鋭化処理を行うことを特徴としている。

【 0 0 4 1 】

上記の方法によれば、ラプラシアン演算は、各色成分毎に行われるので、例えば、原画像において、同程度の濃度差ではあるが、色相が変化することによってエッジが形成されている場合にも、この領域をエッジとして認識し、エッジの強調処理を行うことが可能となる。

【 0 0 4 2 】

請求項 1 0 記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理をコンピュータに実行させる画像処理プログラムを記録した記録媒体であって、原画像の画像データからマイナスされる 2 次微分の大きさを決定する第 1 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化処理の度合いを制御する処理をコンピュータに実行させることを特徴としている。

【 0 0 4 3 】

上記の記録媒体に記録されたプログラムでは、第 1 のパラメータが、原画像の画像データからマイナスされる 2 次微分の大きさを決定するものであり、この第 1 のパラメータが変更可能となっている。すなわち、原画像に発生しているぼけの状態に応じて、第 1 のパラメータを変更することによって、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができる。

【 0 0 4 4 】

請求項 1 1 記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、請求項 1 0 記載の構成において、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 1 のパラメータを設定する処理をコンピュータに実行させることを特徴としている。

【 0 0 4 5 】

上記の記録媒体に記録されたプログラムによれば、第 1 のパラメータを、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって設定しているので、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができる。

【 0 0 4 6 】

請求項 1 2 記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理をコンピュータに実行させる画像処理プログラムを記録した記録媒体であって、上記 2 次微分が、注目画素とその近傍にある複数の画素との画素値の差分の総和によって得られるとともに、上記の各差分には係数が乗じてあり、各係数が、対応する差分の大きさに応じて変化する処理をコンピュータに実行させることを特徴としている。

【 0 0 4 7 】

2 次微分は、基本的に、注目画素とその近傍にある複数の画素との画素値の差分の総和によって得られるものであるが、上記の記録媒体に記録されたプログラ

ムによれば、上記の各差分には係数が乗じてあり、各係数が、対応する差分の大きさに応じて変化するものとなっている。すなわち、例えば、差分の大きさが大きいほど、対応する係数の大きさを大きくするように設定すれば、2次微分は、差分の大きさが小さい近傍画素の影響が小さくなる。従って、例えば近傍画素にわずかなノイズが発生している場合などに、このノイズの影響が2次微分に含まれてしまうことを抑制することが可能となるので、鮮鋭化処理によってノイズが強調されてしまうことを抑制することが可能となる。

【0048】

請求項13記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、請求項12記載の構成において、上記係数が、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合と、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合とで、異なる値となるように設定するとともに、上記第2のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御する処理をコンピュータに実行させることを特徴としている。

【0049】

上記の記録媒体に記録されたプログラムによれば、上記係数が、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合と、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合とで、異なる値となるように設定されている。ここで、例えば、上記係数を、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合に大きな値となり、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合に小さな値となるように設定しておけば、上記と同様に、例えば近傍画素にわずかなノイズが発生している場合などに、2次微分に、このノイズの影響が含まれてしまうことを抑制することが可能となる。また、原画像の画像状態に応じて、第2のパラメータを変更することによって、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができる。

【0050】

請求項14記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、請求項13記載の構成において、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上

記の第2のパラメータを設定する処理をコンピュータに実行させることを特徴としている。

【0051】

上記の記録媒体に記録されたプログラムによれば、第2のパラメータを、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって設定しているので、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができる。

【0052】

請求項15記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における2次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理をコンピュータに実行させる画像処理プログラムを記録した記録媒体であって、上記2次微分に上限および／または下限が設けられており、この上限および／または下限を決定する第3のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御する処理をコンピュータに実行させることを特徴としている。

【0053】

上記の記録媒体に記録されたプログラムによれば、2次微分に上限および／または下限が設けられているので、例えば、原画像において十分にエッジが強調されている領域に対して、さらに不必要なエッジ強調処理がなされることを防止することができる。これにより、鮮鋭化処理された画像におけるオーバーシュート・アンダーシュートの発生の問題を抑制することができる。また、上記の上限および／または下限は、第3のパラメータによって変更することが可能であるので、原画像の画像の状態に応じて、上限および／または下限の値を変更し、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができる。

【0054】

請求項16記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、請求項15記載の構成において、上記の上限および／または下限が、上記第3のパラメータを色差微分値で除した値によって決定される処理をコンピュータに実行させることを

特徴としている。

【 0 0 5 5 】

上記の記録媒体に記録されたプログラムによれば、上記の上限および／または下限が、第3のパラメータを色差微分値で除した値によって決定されている。色差微分値が大きい領域とは、エッジが強い領域であり、色差微分値が小さい領域とは、エッジが弱い領域である。すなわち、エッジが強い領域では、上限および／または下限の絶対値が小さくなり、エッジが弱い領域では、上限および／または下限の絶対値が大きくなることになる。つまり、原画像において十分にエッジが強調されている領域に対しては、上限および／または下限の絶対値が小さくなることによって、2次微分が不必要に大きくなることが防止され、必要以上の鮮鋭化処理が抑制される。また、原画像において、ぼけがある程度発生している領域に対しては、上限および／または下限の絶対値が大きくなることによって、2次微分は比較的大きくなり、的確に鮮鋭化処理を行うことができる。

【 0 0 5 6 】

請求項17記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、請求項15または16記載の構成において、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第3のパラメータを設定する処理をコンピュータに実行させることを特徴としている。

【 0 0 5 7 】

上記の記録媒体に記録されたプログラムによれば、第3のパラメータを、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって設定しているので、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができる。

【 0 0 5 8 】

請求項18記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、請求項10ないし17のいずれかに記載の構成において、原画像の画素データに対して、各色成分毎に2次微分による鮮鋭化処理を行う処理をコンピュータに実行させることを

特徴としている。

【 0 0 5 9 】

上記の記録媒体に記録されたプログラムによれば、2次微分は、各色成分毎に行われるので、例えば、原画像において、同程度の濃度差ではあるが、色相が変化することによってエッジが形成されている場合にも、この領域をエッジとして認識し、エッジの強調処理を行うことが可能となる。

【 0 0 6 0 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の一形態について図1ないし図6に基づいて説明すれば、以下のとおりである。

【 0 0 6 1 】

図2は、本発明の実施の形態に係る画像出力システムの概略構成を示すブロック図である。該画像出力システムは、フィルムスキャナ1と、画像処理装置2と、写真焼付装置3とを備えた構成となっている。

【 0 0 6 2 】

フィルムスキャナ1は、例えば、光源からの光を、写真フィルムであるネガフィルムに照射し、その透過光をCCD(Charge Coupled Device)等で受光することにより、ネガフィルムに記録された画像を読み取るものである。このフィルムスキャナ1は、読み取った画像データを赤色成分、緑色成分、青色成分ごとに画像処理装置2に出力する。

【 0 0 6 3 】

写真焼付装置3は、画像処理装置2によって処理がなされた画像データに基づいて感光材料である印画紙を露光することにより、印画紙上に画像を焼き付けるものである。デジタル画像データに応じた光を印画紙に照射するヘッドとしては、デジタル画像データに応じて各画素毎に印画紙への照射光を変調可能な光変調素子が用いられる。この光変調素子としては、例えばPLZT露光ヘッド、DM D(デジタル・マイクロミラー・デバイス)、LCD(液晶表示装置)、LED(Light Emitting Diode)パネル、レーザー、FOCRT(Fiber Optic Cathode Ray Tube)、CRT(Cathode Ray Tube)等が挙げられる。

【 0 0 6 4 】

なお、写真焼付装置 3 は、ネガフィルムのスキヤニングと印画紙の露光とを両方行うことができるオートプリンタとして構成してもよい。この場合、写真処理装置を、画像の読み取りから焼付けまでを行うオートプリンタと、P C (Personal Computer) などによって構成される画像処理装置 2 とを接続した構成とすることにより、システムの簡素化を図ることができる。

【 0 0 6 5 】

画像処理装置 2 は、フィルムスキャナ 1 から送られた画像データに対して、鮮鋭化処理を行い、鮮鋭化が行われた画像データを写真焼付装置 3 に供給するものである。該画像処理装置 2 は、画像処理演算部 4 と、表色系変換部 5 と、色差微分演算部 6 と、パラメータ決定部 7 とを備えている。

【 0 0 6 6 】

画像処理演算部 4 は、フィルムスキャナ 1 から送られた画像データに対して、後述するようなラプラシアンによる鮮鋭化処理を行うブロックである。表色系変換部 5 は、フィルムスキャナ 1 から送られた画像データ、および、画像処理演算部 4 によって処理が行われた画像データに対して、後述するような表色系の変換処理を行うブロックである。色差微分演算部 6 は、表色系変換部 5 によって表色系が変換された画像データにおいて、各画素に対する色差微分値の演算を行うブロックである。パラメータ決定部 7 は、画像処理演算部 4 における演算において用いられるパラメータを決定するブロックである。

【 0 0 6 7 】

次に、上記画像処理装置 2 における鮮鋭化処理の方法について、以下に詳しく説明する。本実施形態においては、鮮鋭化処理として、以下のような方法によるラプラシアンによる処理を行っている。

【 0 0 6 8 】

原画像の各画素における R, G, B それぞれの画素値を $f_R(i, j)$ 、 $f_G(i, j)$ 、 $f_B(i, j)$ (i, j は座標を表す)、ラプラシアンによる処理が施された後の各画素値を $g_R(i, j)$ 、 $g_G(i, j)$ 、 $g_B(i, j)$ とすると、本実施形態におけるラプラシアンによる処理は、次の式で表される。

$$g_R(i, j) = f_R(i, j) - k \nabla'^2 f_R(i, j) \quad (3)$$

$$g_G(i, j) = f_G(i, j) - k \nabla'^2 f_G(i, j) \quad (4)$$

$$g_B(i, j) = f_B(i, j) - k \nabla'^2 f_B(i, j) \quad (5)$$

上式において、 $\nabla'^2 f(i, j)$ で示される演算は、本発明において新たに定義したラプラシアンを示している。この詳細については、後述する。

【0069】

上記の(3)～(5)式のように、本実施形態におけるラプラシアンによる処理は、原信号におけるR、G、Bそれぞれの画素値に対して行っていることを特徴としている。これに対して、例えば従来では、原信号がカラー情報で得られている場合でも、各画素の画素値をグレイ階調に変換し、明度のみに基づいてラプラシアンによる処理を行っていた。この場合には、明度がほぼ同じ程度でありながら、色相が変化していることによってエッジが形成されている部分に対しては、エッジの強調を行うことができなかった。一方、本実施形態におけるラプラシアンによる処理では、上記のように、原画像データにおけるR、G、Bそれぞれの画素値に対してラプラシアンによる処理を行っているため、各色成分において画素値が変化している部分に対して強調処理を行うことができる。したがって、明度の変化は勿論、色相の変化に対してもエッジの強調を行うことが可能となっている。

【0070】

また、上記の(3)～(5)式において、 k は、エッジ強調の度合いを制御するためのパラメータである。 $k=1$ とした場合には、従来のラプラシアンによる処理と同様の演算をR、G、Bそれぞれの画素値に対して行っていることになる。 $k<1$ とすれば、エッジの強調の度合いを弱めることになり、 $k>1$ とすれば、エッジの強調の度合いを強めることになる。このように、 k の値を変化させることによって、エッジの強調の度合いを変化させることが可能となっている。

【0071】

なお、上記の(3)～(5)式において、ラプラシアンに対する係数は全て同じ k となっているが、各式でそれぞれ異なる係数を用いても構わない。しかしながら、各式でそれぞれ異なる係数を用いる場合には、各色成分に対するラプラシ

アン演算による補正の強さが変わってしまうので、補正の対象となる画素の色相が著しく変化してしまう可能性がある。

【0072】

次に、上記の $\nabla'^2 f_K(i, j)$ で示されるラプラシアンについて説明する。上記の $\nabla'^2 f_K(i, j)$ は、次の式で定義される。

【0073】

【数2】

$$\nabla'^2 f_K(i, j) = \sigma_{i, j} \min \{ |\nabla''^2 f_K(i, j)|, \lambda / \Delta C(i, j) \} \quad (6)$$

$$\sigma_{i, j} = \begin{cases} 1 & (\nabla''^2 f_K(i, j) \geq 0) \\ -1 & (\nabla''^2 f_K(i, j) < 0) \end{cases} \quad (7)$$

【0074】

上記の(6)式において、 $\nabla''^2 f_K(i, j)$ で示される演算は、本発明においてさらに新たに定義したラプラシアンを示している。この詳細については、後述する。また、上式において、 $\Delta C(i, j)$ は、色差微分値を示している。この色差微分値についても後述する。

【0075】

前記したように、原画像において、もともとエッジ部分が比較的明確となっている領域に対してラプラシアンによる処理を行うと、オーバーシュートおよびアンダーシュートが生じてしまい、不自然な画像となってしまう。これは、濃度差が大きい領域では、ラプラシアンの絶対値も大きくなり、エッジを強調することによる濃度変化量が大きくなることによるものである。

【0076】

このようなオーバーシュートおよびアンダーシュートを抑えるために、ラプラシアンの絶対値の上限を設けることが考えられるが、この上限を一定値に設定した場合には、画像中にぼけている領域とぼけていない領域とがある場合、あるいはぼけの程度が異なる領域がある場合などに不都合が生じる。これは、次のような理由によるものである。すなわち、ラプラシアンの絶対値は、エッジが強いほど大きい傾向にあるので、エッジの強いところほど縁が生じやすい。それを抑えるためには、ラプラシアンの絶対値の上限を、画像中でエッジが一番強い領域に

あわせる必要が生じる。すると、ぼけの程度が大きい領域に対する鮮鋭化の度合いが弱くなってしまうことになる。

【0077】

そこで、上記の(6)(7)式のように $\nabla'^2 f_K(i,j)$ を設定することによって、ラプラシアン絶対値の上限を、エッジが強いところでは小さく、エッジが弱いところでは大きく設定することが可能となる。

【0078】

(6)式において、色差微分値 $\Delta C(i,j)$ が大きい、すなわち、画素値の変化量が多い領域であるほど、ラプラシアン絶対値の上限が小さくなることになり、これは、エッジが強いところではラプラシアンの絶対値の上限を小さくしていることに相当している。また、色差微分値 $\Delta C(i,j)$ が小さい、すなわち、画素値の変化量が少ない領域であるほど、ラプラシアン絶対値の上限が大きくなることになり、これは、エッジが弱いところではラプラシアンの絶対値の上限を大きくしていることに相当している。

【0079】

また、(6)式において、 λ の値を大きくすると、ラプラシアン絶対値の上限が大きくなることになり、オーバーシュートおよびアンダーシュートの抑制効果が小さくなる。また、 λ の値を小さくすると、ラプラシアン絶対値の上限が小さくなることになり、オーバーシュートおよびアンダーシュートの抑制効果が大きくなる。すなわち、 λ は、オーバーシュートおよびアンダーシュートの抑制効果を制御するパラメータとなっている。

【0080】

なお、上記の(6)(7)式は、ラプラシアン絶対値の上限を設定するとともに、この上限を、エッジが強いところでは小さく、エッジが弱いところでは大きく設定することを可能とする演算の一例であり、同様の機能を有する演算であれば、どのような演算式を用いても構わない。また、(6)(7)式による演算では、ラプラシアンに上限および／または下限を設けており、リミッター的な効果を奏する演算となっているが、例えば、ラプラシアンの絶対値にしきい値を設け、このしきい値を越えた分は、ある割合で圧縮した値とするような、コンプレ

ッサー的な効果を奏する演算式を設定することも可能である。

【0081】

次に、上記の(6)式で用いた、 $\nabla''^2 f_K(i, j)$ で示されるラプラシアンについて説明する。上記の $\nabla''^2 f_K(i, j)$ は、次の式で定義される。

【0082】

【数3】

$$\begin{aligned} \nabla''^2 f_K(i, j) \equiv & \delta_{i, j}^{(1, 0)} \{ f(i+1, j) - f(i, j) \} \\ & + \delta_{i, j}^{(-1, 0)} \{ f(i-1, j) - f(i, j) \} \\ & + \delta_{i, j}^{(0, 1)} \{ f(i, j+1) - f(i, j) \} \\ & + \delta_{i, j}^{(0, -1)} \{ f(i, j-1) - f(i, j) \} \\ & + \delta_{i, j}^{(1, 1)} \{ f(i+1, j+1) - f(i, j) \} \\ & + \delta_{i, j}^{(-1, 1)} \{ f(i-1, j+1) - f(i, j) \} \\ & + \delta_{i, j}^{(1, -1)} \{ f(i+1, j-1) - f(i, j) \} \\ & + \delta_{i, j}^{(-1, -1)} \{ f(i-1, j-1) - f(i, j) \} \end{aligned} \quad (8)$$

ただし、

$$\delta_{i, j}^{(1, 0)} = \begin{cases} 1 & (|f(i+1, j) - f(i, j)| > \theta) \\ 0 & (|f(i+1, j) - f(i, j)| \leq \theta) \end{cases} \quad (9)$$

【0083】

前記したように、原画像において、ノイズが発生している領域に対してラプラシアンによる処理を行うと、このノイズを増幅させてしまい、画質を劣化させてしまうことになる。このようなノイズの増幅を抑制するために、上記の(8)(9)式のようにラプラシアンを定義し、隣接する画素との濃度差が定数 θ 以下のときには、その画素に対するラプラシアンに、その隣接する画素の影響を含ませないようにしている。すなわち、ノイズは、周辺の画素に対して、その濃度差が比較的小さいものである、と判断していることになる。

【0084】

(8)(9)式において、 θ の値を大きくすると、ノイズの増幅を抑制する効果が大きくなるが、ラプラシアンによる処理の強調効果が弱くなる。また、 θ の値を小さくすると、ノイズの増幅を抑制する効果が小さくなるが、ラプラシアンによる処理の強調効果が強くなる。すなわち、 θ は、ノイズの増幅の抑制効果を制御するパラメータとなっている。

【0085】

なお、上記の(8)(9)式は、ノイズの増幅の抑制を可能とする演算の一例

であり、同様の機能を有する演算であれば、どのような演算式を用いても構わない。例えば、(9)式においては、 $\delta_{i,j}^{(1,0)}$ は、1か0かどちらかの値をとることになっているが、 $|f(i+1,j) - f(i,j)|$ の大きさに応じて変化する関数値であってもよい。

【0086】

ここで、上記の色差微分値 $\Delta C(i,j)$ について詳しく説明する。まず、 $L^* a^* b^*$ 表色系と色差について説明する。

【0087】

2つの知覚色の間で知覚される色の差異を色差という。知覚色空間で、色差の均等性を意図する空間を均等色空間と呼ばれる。均等色空間として規定されているものには、CIE (国際照明委員会: Commission International de l'Eclairage) 1964 $U^* V^* W^*$ 色空間、CIE 1976 $L^* u^* v^*$ 色空間 CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 色空間などが挙げられるが、ここでは、 $L^* a^* b^*$ 色空間を用いる。画像データのRGB色空間から $L^* a^* b^*$ 色空間への変換は、以下の式によって行う。

【0088】

まず、以下の式を用いて、RGB表色系をCIEXYZ表色系に変換する。

【0089】

【数4】

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.608 & 0.174 & 0.200 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.000 & 0.066 & 1.112 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (10)$$

【0090】

次に、 (X_C, Y, Z_C) データに変換する。

【0091】

【数5】

$$\begin{bmatrix} X_C \\ Z_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.020 & X \\ 0.847 & Z \end{bmatrix} \quad (11)$$

【0092】

ここに、式(11)の係数は、式(10)のX、Zを $R=G=B=1$ について規格化するために導入したものである。この (X_c, Y, Z_c) データに対し、明度指数Lおよび知覚色度指数(a, b)は次の式で求められる。

【0093】

【数6】

$$\left. \begin{aligned} L &= 9.2 V(Y) \\ a &= 40 \{V(X_c) - V(Y)\} \\ b &= 16 \{V(Y) - V(Z_c)\} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

ここで、

$$V(x) = 11.6x^{1/3} - 1.6 \quad (x > 0.01) \quad (13)$$

【0094】

したがって、

【0095】

【数7】

$$\left. \begin{aligned} L &= 106.7 Y^{1/3} - 14.72 \\ a &= 464 (X_c^{1/3} - Y^{1/3}) \\ b &= 185.6 (Y^{1/3} - Z_c^{1/3}) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

【0096】

となる。ここにおいて問題となることは、式(14)の第1式で、 $Y=1$ とすれば、 $L=92.0$ となる。 L^* がMunsellバリュウの10倍になることを意図して作成されたものであるから、 $Y=1$ のとき、 $L=100.0$ が望ましい。そこで、式(14)のそれぞれの式に $100.0/92.0=1.087$ を掛けると次のようになる。ただし、 $L \rightarrow L^*$ 、 $a \rightarrow a^*$ 、 $b \rightarrow b^*$ と記号を換えるとともに、係数を簡単にしている。

【0097】

【数8】

$$\left. \begin{aligned} L^* &= 116 Y^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500 (X_c^{1/3} - Y^{1/3}) \\ b^* &= 200 (Y^{1/3} - Z_c^{1/3}) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

【0098】

この式(15)によって、 $L^* a^* b^*$ 色空間が定義される。そして、 $L^* a^* b^*$ 色空間における2つの知覚色を代表する2点間の直線距離、すなわち、色差 ΔE は、次の式で求められる。

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (16)$$

そして、各画素点(i,j) に対し、そのすべての隣接点との色差 ΔE の中で最大のものを、その画素点における色差微分値 $\Delta C(i,j)$ とする。このように定義すると、カラー画像中の境界線領域では $\Delta C(i,j)$ の値が大きくなり、その他の領域では $\Delta C(i,j)$ の値が小さくなる。

【0099】

ここで、上記の定義に基づいて、実際のカラー画像データに対して色差微分を行ってみると、画像の中の暗い領域で、境界線領域でない領域に大きな色差微分値が現れることがわかった。これは、暗い領域、すなわち、 (X_C, Y, Z_C) のデータ値が小さい値の領域では、上記の(13)式で与えられる $V(x)$ が、 x の値の小さい範囲で大きな傾斜をもつため、わずかの (X_C, Y, Z_C) のデータ値の差が、 (L^*, a^*, b^*) のデータ値の差にすると大きくなることに起因すると考えられる。

【0100】

したがって、本実施形態においては、 L^*, a^*, b^* 表色系を以下のように修正している。まず、 $V(x)$ について、 x の値が小さい範囲でも傾斜が大きくなりないように、次の式に示すように、傾斜の大きさが一定となるように新たに定義する。

$$V(x) = 10x \quad (17)$$

このように $V(x)$ を定義した場合、 L^*, a^*, b^* はそれぞれ次の式のように表される。

【0101】

【数9】

$$\left. \begin{array}{l} L^* = 100 \cdot Y \\ a^* = 434.8 (X_C - Y) \\ b^* = 173.9 (Y - Z_C) \end{array} \right\} \quad (18)$$

【0102】

以上のように L^*, a^*, b^* 表色系を修正して、上記と同様に実際のカラー画像データに対して色差微分を行ってみると、画像の中の暗い領域で、境界線領域でない領域に大きな色差微分値が現れることがなくなった。しかしながら、画像の

中の明るい領域で、境界線領域でない領域に大きな色差微分値が現れることがわかった。これは、 x の値が小さい範囲では $V(x)$ の傾斜が修正前よりも小さくなり、 x の値が大きい範囲では $V(x)$ の傾斜が修正前よりも大きくなったためである。

【0 1 0 3】

そこで、修正前および修正後の $L^* a^* b^*$ 表色系の特性を双方とも生かすように、さらに次のように修正する。すなわち、 x の値が大きい範囲では修正前の $V(x)$ を、 x の値が小さい範囲では修正後の $V(x)$ を用いる。その区切りの x の値は、修正前の $V(x) = 11.6x^{1/3} - 1.6$ （(13)式）において、傾斜の大きさが10になる点、すなわち、 $x = 0.2404$ とする。式で表すと、次のようになる。

【0 1 0 4】

【数 1 0】

$$V(x) = \begin{cases} 10x & (x < 0.2404) \\ 11.6x^{1/3} - 4.809 & (x \geq 0.2404) \end{cases} \quad (19)$$

【0 1 0 5】

なお、本実施形態においては、 $L^* a^* b^*$ 表色系は色差の計算のみに用いており、色差は $(\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*)$ のデータ値のみで決まるので、 (L^*, a^*, b^*) のデータ値そのものは重要ではない。したがって、 $\Delta V(x)$ 、すなわち $V(x)$ の傾斜の大きさだけが重要であり、 $V(x)$ そのものの値は関係しない。よって、上記の(19)式では、 $V(x)$ が $x = 0.2404$ で連続的につながるように、 $x \geq 0.2404$ の範囲で、 $V(x)$ に-3.209のバイアスを加えてある。

【0 1 0 6】

そして、(19)式で求められる $V(x)$ に対して、次式を適用することによって、さらに $L^* a^* b^*$ 表色系を修正する。

【0 1 0 7】

【数 1 1】

$$\left. \begin{aligned} L^* &= 10V(Y) \\ a^* &= 43.48 \{V(X_c) - V(Y)\} \\ b^* &= 17.39 \{V(Y) - V(Z_c)\} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

【0 1 0 8】

この式 (20) によって定義された修正 L^* a^* b^* 色空間において、上記の式 (16) に基づいて色差 ΔE を算出し、各画素点 (i, j) に対し、そのすべての隣接点との色差 ΔE の中で最大のものを、その画素点における色差微分値 $\Delta C(i, j)$ とする。そして、このようにして求められた色差微分値 $\Delta C(i, j)$ を用いて、上記の (6) 式の演算を行うことになる。

【0 1 0 9】

ここで、上記の色差微分値の演算の流れについて、図 3 のフローチャートに基づいて説明する。

【0 1 1 0】

まず、入力された画像データの中から注目画素を設定する (ステップ 1、以降、S1 と称する)。次に、RGB 表色系によって入力された注目画素のデータを、XYZ 表色系のデータに変換する (S2)。そして、式 (19) によって場合分けされた式に基づいて、式 (20) によって、XYZ 表色系のデータを、修正された L^* a^* b^* 表色系に変換する (S3)。

【0 1 1 1】

次に、修正された L^* a^* b^* 表色系に変換された画素データに基づいて、注目画素と、その近傍の 8 画素との色差を計算する (S4)。そして、これらの色差の中から、最大の値をとるものを、色差微分値として記憶する (S5)。

【0 1 1 2】

そして、S6 において、全画素について色差微分値の計算が終了したか否かが確認され、終了していない場合は S1 に戻って上記の処理を繰り返す。

【0 1 1 3】

なお、上記のように求められた色差微分値を用いて、入力された画像における境界線を抽出することも可能である。例えば、全ての画素における色差微分値において、その値が大きい方から 15% にあたる画素を 1 とし、その他の画素を 0

とおくことにする。そして、画像データにおいて、0の画素と1の画素との分布状態をプロットし、1の画素によって占められる領域の中心近傍を線で結ぶことによって、境界線を抽出することができる。また、上記では、色差微分値を0と1との2値化を行って境界線を抽出する例を挙げたが、2値化以上、すなわち、 n 値化 ($n = 3, 4, \dots$) することによって、境界線を抽出することも可能である。

【0 1 1 4】

次に、上記のような、本実施形態におけるラプラシアン演算による鮮鋭化処理の流れについて、図1のフローチャートに基づいて説明する。

【0 1 1 5】

まず、原画像の画像データにおいて、注目画素を設定する (S 1 1)。そして、注目画素と注目画素近傍の8画素との画素値の差分を各色成分において求める (S 1 2)。この差分に基づいて、上記 (9) 式によって、上記 (8) 式の各項の係数を決定し、 $\nabla'^2 f_K(i, j)$ を求める (S 1 3)。

【0 1 1 6】

次に、 $\nabla'^2 f_K(i, j)$ の正負を上記 (7) 式で判断するとともに、 $\nabla'^2 f_K(i, j)$ の絶対値と、 $\lambda / \Delta C(i, j)$ との大小を比較し、上記 (6) 式によって、 $\nabla'^2 f_K(i, j)$ を求める (S 1 4)。そして、この $\nabla'^2 f_K(i, j)$ に基づいて、上記 (3) ~ (5) 式によって、鮮鋭化処理画素データを生成する (S 1 5)。

【0 1 1 7】

そして、S 1 6において、全画素について鮮鋭化処理が終了したか否かが確認され、終了していない場合はS 1 1に戻って上記の処理を繰り返す。

【0 1 1 8】

以上のように、本実施形態におけるラプラシアン演算による鮮鋭化処理は、(3) ~ (5) 式で用いられる、エッジ強調の度合いを制御するためのパラメータ k 、(6) (7) 式で用いられる、オーバーシュートおよびアンダーシュートの抑制効果を制御するパラメータ λ 、および、(8) (9) 式で用いられる、ノイズの増幅の抑制効果を制御するパラメータ θ をそれぞれ変化させることによって

、鮮鋭化処理の度合いを変化させることが可能となっている。したがって、画像の用途および目的に応じて、鮮鋭化の作用程度を変化させることができる。

【 0 1 1 9 】

例えば、一般にスナップ写真として撮影された写真画像において、ピントが合うべきである領域にぼけが生じている場合、従来の鮮鋭化処理では、ノイズの増幅、オーバーシュート・アンダーシュートの発生、ピントが合う必要のない領域に対する鮮鋭化、などの問題が生じていた。これに対して、本実施形態における鮮鋭化処理ならば、上記の 3 つのパラメータを適宜変更することによって、既にピントが合っている領域、および、ピントを合わせる必要がない領域に対しては、鮮鋭化する度合いを弱くし、ぼけが生じていて、かつ、ピントを合わせたい領域に対して、適度な鮮鋭化処理を行うことが可能となる。

【 0 1 2 0 】

なお、上記の 3 つのパラメータのそれぞれの値を設定する方法としては、鮮鋭化処理を行っている画像をディスプレイなどに表示しながら、オペレータが手動で各パラメータを変化させ、鮮鋭化の程度を確認しながら各パラメータを決定する方法が考えられる。この方法の場合、オペレータが鮮鋭化された画像の状態を確認しながらパラメータを決定しているので、鮮鋭化の程度を、オペレータが最適と思う状態に設定することが可能となる。しかしながら、多数の画像を処理しなければならない場合には、処理時間およびオペレータに対する負担の増大の問題が生じる。

【 0 1 2 1 】

そこで、上記の 3 つのパラメータを自動的に設定する方法が考えられる。例えば、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを何種類か抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の 3 つのパラメータを設定する方法が考えられる。上記のアルゴリズムとしては、例えばニューラルネットワークや遺伝アルゴリズムなどによるものや、その他の最適解探索アルゴリズムなどを適用することが可能である。

【 0 1 2 2 】

なお、実際に本実施形態における鮮鋭化処理を行うと、上記の 3 つのパラメー

タのうち、パラメータ λ およびパラメータ θ は、鮮鋭化処理に適当な値の範囲が、パラメータ k に比べると大きいわりには、その変化に伴う鮮鋭化処理の度合いの変化は、比較的小さいものとなっている。そこで、パラメータ λ およびパラメータ θ を適当な値に設定しておき、パラメータ k を、入力された画像データに応じて自動的に設定する方法でも、十分に鮮鋭化処理の状態の制御を行うことができる。以下に、このパラメータ k のみを自動設定するパラメータ設定方法について説明する。

【0 1 2 3】

ここで、まず、パラメータ k の値と、上記の色差微分値の平均値（色差微分平均値）との関係について説明する。

【0 1 2 4】

計 4 0 枚のサンプル画像に対して、パラメータ k の値を、 $k = 0.200$, 0.400 , 0.600 と変化させ、色差微分平均値の変化を調べてみる。図 5 は、横軸が原画像の色差微分平均値、縦軸が各 k の値に対して鮮鋭化処理を行った画像の色差微分平均値を示すグラフである。このように、色差微分平均値の変化は、各 k の値に対して、ほぼ原点を通る一直線上に並んでいることがわかる。すなわち、各 k の値に対して、処理後の画像の色差微分平均値が、原画像の色差微分平均値に比例して変化するということになる。ここで、その比例定数を次のように求めてみる。

【0 1 2 5】

4 0 枚のサンプル画像に対して画像番号 1 ~ 4 0 を割り当て、画像番号 i ($i = 1, 2, \dots, 40$) の画像に対し、原画像の色差微分平均値を ΔC_0^i 、パラメータ k に対して鮮鋭化処理を行った画像の色差微分平均値を ΔC_k^i とする。

【0 1 2 6】

パラメータ k で鮮鋭化処理した画像の色差微分平均値が、原画像の色差微分平均値に比例定数 a_k で比例するとした場合、その誤差 ε_i 、および誤差 ε_i の二乗和 S は、次の式で表される。

【0 1 2 7】

【数 1 2】

$$\varepsilon_i = \Delta C_k^i m - (a_k \cdot \Delta C_0^i m) \quad (21)$$

$$S = \sum \varepsilon_i^2 = \sum (\Delta C_k^i m - (a_k \cdot \Delta C_0^i m))^2 \quad (22)$$

【0 1 2 8】

比例定数 a_k を求めるには、上記の誤差 ε_i の二乗和 S を最小とするような a_k を求めればよい。 S を最小にする a_k は、以下に示す (23) 式のように、 S の一次微分を 0 とおいた方程式を解くことによって、(24) 式のように求められる。

【0 1 2 9】

【数 1 3】

$$dS/d a_k = -2 \sum \Delta C_0^i m (\Delta C_k^i m - (a_k \cdot \Delta C_0^i m)) = 0 \quad (23)$$

$$a_k = \sum (\Delta C_0^i m \cdot \Delta C_k^i m) / \sum (\Delta C_0^i m)^2 \quad (24)$$

【0 1 3 0】

(24) 式にしたがって、 $k=0.200$, 0.400 , 0.600 のときの比例定数を求めると、次のようになった。

【0 1 3 1】

【数 1 4】

$$\left. \begin{array}{l} a_{0.200} = 1.866 \\ a_{0.400} = 2.407 \\ a_{0.600} = 2.809 \end{array} \right\} \quad (25)$$

【0 1 3 2】

この結果から、比例定数 a_k は、 k の値が大きくなるにつれて増加しているが、その増加の割合は減少していることがわかる。すなわち、 k の値を大きくしていくと、色差微分平均値は増加していくが、その増加の割合は減少していくと考えられる。

【0 1 3 3】

図 6 は、横軸に k の値、縦軸に各 k の値における比例定数 a_k をとったグラフを示している。図 6 に示すように、 k の値が比較的小さい範囲では、 k の値の増加に比例して比例定数 a_k が増加しているが、 k の値が大きくなるにつれて、比例定数 a_k の増加の割合が小さくなっている。すなわち、比例定数 a_k の増加が

飽和する k の値が存在することになる。

【0134】

ここで、 k の値が比較的小さい範囲における比例関係に基づいて求められる直線を理想直線と定義する。この場合、 k の値が大きくなると、実際の比例定数 a_k は、理想直線からずれていくことになる。この理想直線からのずれに着目して、飽和状態となる k の値を決定する理想直線からのずれ判定法について、以下に説明する。

【0135】

原画像の色差微分平均値が大きくなるほど、飽和状態の判定に用いる理想直線からのずれの値を大きく設定した方が、より自然な鮮鋭化の結果が得られると考えられる。ここでは、規格化するために、次の式によって相対色差微分平均値 $(\Delta C_{knm})_{rel}$ を定義することにする。

$$(\Delta C_{knm})_{rel} = \Delta C_{knm} / \Delta C_{k0m} \quad (n=0, 1, 2, \dots) \quad (26)$$

また、理想直線は、原画像に対応する点 $(k_0=0, (\Delta C_{k0m})_{rel}=1)$ を通るものとして、その傾き a は、2点 $(k_1, (\Delta C_{k1m})_{rel})$ 、 $(k_2, (\Delta C_{k2m})_{rel})$ を用いて表すと、次式のようなになる。

【0136】

【数15】

$$a = \frac{k_1 \cdot \{(\Delta C_{k1m})_{rel} - 1\} + k_2 \cdot \{(\Delta C_{k2m})_{rel} - 1\}}{k_1^2 + k_2^2} \quad (27)$$

【0137】

そして、理想直線からのずれ δ_{kn} を、次式のように定義する。

$$\delta_{kn} = |(a \cdot k_n + 1) - (\Delta C_{knm})_{rel}| \quad (n=1, 2, \dots) \quad (28)$$

ここで、 $\delta_{kn} \geq d$ を満たしているときに、理想直線からのずれが大きい、すなわち、飽和の状態にあると判定し、この関係を満たす最小の k_n を、 k_{emph} とする。この k_{emph} を、上記の鮮鋭化処理において用いられるパラメータ k として設定する。

【0138】

なお、上記では、理想直線からのずれ判定法によって、 k_{emph} を決定していた

が、これに限定されるものではなく、例えば、傾斜変化率判定法などを適用することも可能である。

【0139】

傾斜変化率判定法とは、色差微分平均値をプロットしたグラフの傾斜をもとにして、その変化率に着目して飽和状態かどうかを判定する方法である。色差微分平均値をプロットするパラメータ k の間隔を 0.025 とすると、 n 番目 ($n = 0, 1, 2, \dots$) に対応するパラメータ k の値 k_n は、

$$k_n = 0.025 \times n \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (29)$$

となる。

【0140】

$k = k_n$ で鮮鋭化処理を行った画像の色差微分平均値を ΔC_{kn}^m として、プロットしたグラフの傾斜の大きさ Δ_{kn} を次の式で定義する。なお、次式において、 $n = 1, 2, \dots$ としている。

$$\Delta_{kn} = (\Delta C_{kn}^m - \Delta C_{kn-1}^m) / \{k_n - k_{(n-1)}\} \quad (30)$$

この (30) 式を用い、傾斜変化率 ρ_{kn} を次の式で定義する。

$$\rho_{kn} = (\Delta_{k1} - \Delta_{kn}) / \Delta_{kn} \quad (n = 1, 2, \dots) \quad (31)$$

ここで、 $|\rho_{kn}| \geq p$ をみたしているときに直線からそれていて飽和状態にあると判定し、この式を満たす最小の k_n を、 k_{emph} とする。

【0141】

理想直線からのずれ判定法では、実験結果より、飽和状態であるとしている $\delta_{kn} \geq d$ で、 δ_{kn} が単調増加することが確認されている。一方、傾斜変化率判定法では、実験結果より、飽和状態であるとしている $|\rho_{kn}| \geq p$ の範囲で、 $|\rho_{kn}|$ が単調増加するとは限らないことが確認されている。すなわち、飽和状態であり鮮鋭であるとは見なせる状態より大きな k の値で、鮮鋭でないとは見なせる状態になり得る。また、傾斜変化率判定法の方が、プロットした点のランダム性が高いため、プロットするパラメータ k の間隔を変えた場合に、全く違う値が k_{emph} として選ばれてしまう可能性がある。以上のことから、自然な鮮鋭化に適するパラメータ k の値 k_{emph} を設定するにあたっては、理想直線からのずれ判定法の方が信頼度が高いと考えられる。

【0 1 4 2】

次に、理想直線からのずれ判定法によって、 k_{emph} を決定するために、 k の値を一定のステップ毎に変化させて、そのずれ量を算出することにより、飽和状態となる k の値の最小値を探索する方法について説明する。

【0 1 4 3】

ここで、例えば、 $k = 0.500$ で飽和状態に入る場合を想定する。この際に、上記の探索において、 k の値を変化させる際のステップを、例えば0.025 としていた場合には、「自然な鮮鋭化に適するパラメータ k_{emph} は0.500 である」と判定するのに、色差微分平均値を21回求める必要があることになり、無駄な演算を多く行うことになる。

【0 1 4 4】

そこで、理想直線からのずれ δ_{kn} が、 $\delta_{kn} \geq d$ の範囲では、ほぼ確実に単調増加することと、パラメータ k の値が0.025 程度違って、処理後の画像に肉眼で判別できるほどの差は生じないということとを利用して、上記のステップを0.050 に設定する。ただし、理想直線は、ステップが0.025 のときと同じものを採用するために、 $k = 0.025$ における演算を行った上で、 $k \geq 0.050$ の範囲で、ステップを0.050 とする。以上のようにステップを設定することで、 k_{emph} を求めるのに必要な演算の回数を約半分とすることができる。

【0 1 4 5】

しかしながら、以上のような方法でも、 k_{emph} を求めるのに必要な演算の回数は12回となっている。そこで、 k_{emph} を求めるのに必要な演算の回数の平均をさらに小さくするために、以下のようなアルゴリズムに従って演算を行う順番を変更する。ただし、以下のアルゴリズムにおいて用いられるスキップ数 s を求める必要があるが、以下では、 $s = 2$ に設定した場合のアルゴリズムを示す。

【0 1 4 6】

まず、 $k = 0.000, 0.025, 0.050$ に対する相対色差微分平均値を求め、上記の(27)式にしたがって理想直線を求める。そして、プロットするパラメータ k の値をスキップ数 s だけとばして、 $k = 0.200, 0.350, 0.500, \dots$ として相対色差微分平均値を求めるとともに、それぞれの値における理想直線からのずれを求め

、最初に $\delta_{kn} \geq d$ を満たした k の値を、 $k(2)$ とする。そして、 $k(2) - 0.100$, $k(2) - 0.050$ に対する相対色差微分平均値を求めるとともに、それぞれの値における理想直線からのずれを求める。これらの値において、 $\delta_{kn} \geq d$ を満たした場合、そのときの k の値を k_{emph} とする一方、 $\delta_{kn} \geq d$ を満たすものがない場合には、 $k(2)$ を k_{emph} とする。

【0 1 4 7】

以上のようなアルゴリズムによれば、ステップ0.050 で順にプロットするときと同じ値を k_{emph} として選びながら、平均的なプロット回数を少なくすることができる。例えば、 $k_{\text{emph}} = 0.500$ となる場合、それを求めるまでの相対色差微分平均値を求める回数は、8回にまで下がることになる。

【0 1 4 8】

次に、鮮鋭化処理の一実施例として、上記のように、パラメータ λ およびパラメータ θ を適当な値に設定しておき、パラメータ k を、理想直線からのずれ判定法によって設定する方法について、図4に示すフローチャートを参照しながら以下に説明する。

【0 1 4 9】

まず、S 2 1において、パラメータ λ およびパラメータ θ の値を設定する。これらの設定値は、実験結果に基づいて適宜設定された固定値とする。

【0 1 5 0】

次に、S 2 2において、鮮鋭化処理を行う画像として入力された原信号から、各画素について、その色差微分値 $\Delta C(i, j)$ を求める。そして、全ての画素について得られた色差微分値 $\Delta C(i, j)$ に基づいて、該原信号における色差微分平均値 ΔC_0 m を求める (S 2 3)。なお、原信号における色差微分平均値とは、パラメータ k を0とした時の鮮鋭化処理画像における色差微分平均値と同等のものとなる。

【0 1 5 1】

次に、S 2 4において、 $k = 0.025$ とした状態で、鮮鋭化処理画像を作成し、各画素について、その色差微分値 $\Delta C(i, j)$ を求め、鮮鋭化処理画像における色差微分平均値 ΔC_0 m を求める。同様に、S 2 5において、 $k = 0.050$ とした状

態で、鮮鋭化処理画像を作成し、各画素について、その色差微分値 $\Delta C(i, j)$ を求め、鮮鋭化処理画像における色差微分平均値 ΔC_0 を求める。

【0 1 5 2】

そして、S 2 3において求められた、原信号における色差微分平均値と、S 2 4において求められた、 $k = 0.025$ における色差微分平均値と、S 2 5において求められた、 $k = 0.050$ における色差微分平均値とに基づいて、理想直線の傾きを算出する (S 2 6)。

【0 1 5 3】

次に、 $k = 0.200$ から 0.150 間隔で k の値を変化させるとともに、それぞれの k の値において、理想直線からのずれ δ_{kn} を算出する (S 2 7)。そして、理想直線からのずれ δ_{kn} が、 $\delta_{kn} \geq d$ を満たした最初の k の値を $k(2)$ として設定する (S 2 8)。

【0 1 5 4】

次に、 $k(2) - 0.100$, $k(2) - 0.050$ に対する相対色差微分平均値を求めるとともに、それぞれの値における理想直線からのずれを求める (S 2 9)。これらの値において、 $\delta_{kn} \geq d$ を満たした場合 (S 2 1 0においてYES (Y))、そのときの k の値を k_{emph} とする (S 2 1 1)。一方、 $\delta_{kn} \geq d$ を満たすものがない場合には (S 2 1 0においてNO)、 $k(2)$ を k_{emph} とする (S 2 1 2)。

【0 1 5 5】

そして、上記の k_{emph} を k として設定するとともに、S 2 1において設定されたパラメータ λ およびパラメータ θ の値を用いて、入力された原画像に対して鮮鋭化処理を行い (S 2 1 3)、処理を終了する。

【0 1 5 6】

以上説明した画像出力方法は、画像の鮮鋭化処理を機能させるためのプログラムで実現することが可能である。このプログラムはコンピュータで読み取り可能な記録媒体に格納されている。この場合、図2で示した画像処理装置2は、コンピュータによって構成されることになる。そして、上記の記録媒体として、画像処理装置2を構成するコンピュータが備えるマイクロコンピュータで処理が行われるために必要なメモリ、例えばROMのようなものそのものがプログラムメデ

ィアであってもよいし、また外部記憶装置としてプログラム読み取り装置が設けられ、そこに記録媒体を挿入することで読み取り可能なプログラムメディアであってもよい。

【0157】

いずれの場合においても、格納されているプログラムは、上記コンピュータが備えるマイクロプロセッサがアクセスして実行させる構成であってもよいし、あるいはいずれの場合もプログラムを読み出し、読み出されたプログラムは、マイクロコンピュータのプログラム記憶エリアにダウンロードされて、そのプログラムが実行される方式であってもよい。このダウンロード用のプログラムは予め本体装置に格納されているものとする。

【0158】

ここで上記プログラムメディアは、本体と分離可能に構成される記録媒体であり、磁気テープやカセットテープ等のテープ系、フロッピーディスクやハードディスク等の磁気ディスクやCD-ROM/MO/MD/DVD等の光ディスクのディスク系、ICカード（メモリカードを含む）/光カード等のカード系、あるいはマスクROM、EPROM、EEPROM、フラッシュROM等による半導体メモリを含めた固定的にプログラムを担持する媒体であってもよい。

【0159】

また、本発明においてはインターネットを含む通信ネットワークと接続可能なシステム構成とすることも可能であり、通信ネットワークからプログラムをダウンロードするように流動的にプログラムを担持する媒体であってもよい。尚、このように通信ネットワークからプログラムをダウンロードする場合には、そのダウンロード用プログラムは予め本体装置に格納しておくか、あるいは別な記録媒体からインストールされるものであってもよい。

【0160】

尚、記録媒体に格納されている内容としてはプログラムに限定されず、データであってもよい。

【0161】

【発明の効果】

以上のように、請求項 1 の発明に係る画像処理方法は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、原画像の画像データからマイナスされる 2 次微分の大きさを決定する第 1 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化処理の度合いを制御する方法である。

【0 1 6 2】

これにより、原画像に発生しているぼけの状態に応じて、第 1 のパラメータを変更することによって、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができるという効果を奏する。

【0 1 6 3】

請求項 2 の発明に係る画像処理方法は、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 1 のパラメータを設定する方法である。

【0 1 6 4】

これにより、請求項 1 の方法による効果に加えて、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができるという効果を奏する。

【0 1 6 5】

請求項 3 の発明に係る画像処理方法は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、上記 2 次微分が、注目画素とその近傍にある複数の画素との画素値の差分の総和によって得られるとともに、上記の各差分には係数が乗じてあり、各係数が、対応する差分の大きさに応じて変化する方法である。

【0 1 6 6】

これにより、例えば、差分の大きさが大きいほど、対応する係数の大きさを大きくするように設定すれば、2 次微分は、差分の大きさが小さい近傍画素の影響が小さくすることができる。したがって、例えば近傍画素にわずかなノイズが発

生している場合などに、このノイズの影響が2次微分に含まれてしまうことを抑制することが可能となるので、鮮鋭化処理によってノイズが強調されてしまうことを抑制することが可能となるという効果を奏する。

【0167】

請求項4の発明に係る画像処理方法は、上記係数が、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合と、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合とで、異なる値となるように設定するとともに、上記第2のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御する方法である。

【0168】

これにより、請求項3の方法による効果に加えて、例えば、上記係数を、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合に大きな値となり、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合に小さな値となるように設定しておけば、上記と同様に、例えば近傍画素にわずかなノイズが発生している場合などに、2次微分に、このノイズの影響が含まれてしまうことを抑制することが可能となるという効果を奏する。また、原画像の画像状態に応じて、第2のパラメータを変更することによって、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができるという効果を奏する。

【0169】

請求項5の発明に係る画像処理方法は、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第2のパラメータを設定する方法である。

【0170】

これにより、請求項4の方法による効果に加えて、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができるという効果を奏する。

【0171】

請求項6の発明に係る画像処理方法は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における2次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、上記2

次微分に上限および／または下限が設けられており、この上限および／または下限を決定する第3のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御する方法である。

【0172】

これにより、鮮鋭化処理された画像におけるオーバーシュート・アンダーシュートの発生の問題を抑制することができるという効果を奏する。また、原画像の画像の状態に応じて、上限および／または下限の値を変更し、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができるという効果を奏する。

【0173】

請求項7の発明に係る画像処理方法は、上記の上限および／または下限が、上記第3のパラメータを色差微分値で除した値によって決定される方法である。

【0174】

これにより、請求項6の方法による効果に加えて、原画像において十分にエッジが強調されている領域に対しては、上限および／または下限の絶対値が小さくなることによって、2次微分が不必要に大きくなることが防止され、必要以上の鮮鋭化処理が抑制されるという効果を奏する。また、原画像において、ぼけがある程度発生している領域に対しては、上限および／または下限の絶対値が大きくなることによって、2次微分は比較的大きくなり、的確に鮮鋭化処理を行うことができるという効果を奏する。

【0175】

請求項8の発明に係る画像処理方法は、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第3のパラメータを設定する方法である。

【0176】

これにより、請求項6または7の方法による効果に加えて、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができるという効果を奏する。

【0177】

請求項9の発明に係る画像処理方法は、原画像の画素データに対して、各色成

分毎に 2 次微分による鮮鋭化処理を行う方法である。

【 0 1 7 8 】

これにより、請求項 1 ないし 8 のいずれかの方法による効果に加えて、例えば、原画像において、同程度の濃度差ではあるが、色相が変化することによってエッジが形成されている場合にも、この領域をエッジとして認識し、エッジの強調処理を行うことが可能となるという効果を奏する。

【 0 1 7 9 】

請求項 1 0 の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理をコンピュータに実行させる画像処理プログラムを記録した記録媒体であって、原画像の画像データからマイナスされる 2 次微分の大きさを決定する第 1 のパラメータを変更することによって、鮮鋭化処理の度合いを制御する処理をコンピュータに実行させる構成である。

【 0 1 8 0 】

これにより、原画像に発生しているぼけの状態に応じて、第 1 のパラメータを変更することによって、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができるという効果を奏する。

【 0 1 8 1 】

請求項 1 1 の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 1 のパラメータを設定する処理をコンピュータに実行させる構成である。

【 0 1 8 2 】

これにより、請求項 1 0 の構成による効果に加えて、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができるという効果を奏する。

【 0 1 8 3 】

請求項 1 2 の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、原画像の

画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における2次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理をコンピュータに実行させる画像処理プログラムを記録した記録媒体であって、上記2次微分が、注目画素とその近傍にある複数の画素との画素値の差分の総和によって得られるとともに、上記の各差分には係数が乗じてあり、各係数が、対応する差分の大きさに応じて変化する処理をコンピュータに実行させる構成である。

【0184】

これにより、例えば、差分の大きさが大きいほど、対応する係数の大きさを大きくするように設定すれば、2次微分は、差分の大きさが小さい近傍画素の影響が小さくすることができる。したがって、例えば近傍画素にわずかなノイズが発生している場合などに、このノイズの影響が2次微分に含まれてしまうことを抑制することが可能となるので、鮮鋭化処理によってノイズが強調されてしまうことを抑制することが可能となるという効果を奏する。

【0185】

請求項13の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、上記係数が、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合と、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合とで、異なる値となるように設定するとともに、上記第2のパラメータを変更することによって、鮮鋭化の度合いを制御する処理をコンピュータに実行させる構成である。

【0186】

これにより、請求項12の構成による効果に加えて、例えば、上記係数を、上記差分の大きさが第2のパラメータより大きい場合に大きな値となり、上記差分の大きさが第2のパラメータより小さい場合に小さな値となるように設定しておけば、上記と同様に、例えば近傍画素にわずかなノイズが発生している場合などに、2次微分に、このノイズの影響が含まれてしまうことを抑制することが可能となるという効果を奏する。また、原画像の画像状態に応じて、第2のパラメータを変更することによって、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができるという効果を奏する。

【 0 1 8 7 】

請求項 1 4 の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第 2 のパラメータを設定する処理をコンピュータに実行させる構成である。

【 0 1 8 8 】

これにより、請求項 1 3 の構成による効果に加えて、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができるという効果を奏する。

【 0 1 8 9 】

請求項 1 5 の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、原画像の画像データから、原画像の画像データの分布を関数とみなすことによって求められる、各画素における 2 次微分をマイナスすることによって鮮鋭化処理を行う画像処理方法であって、上記 2 次微分に上限および／または下限が設けられており、この上限および／または下限を決定する第 3 のパラメータを変更することによって鮮鋭化の度合いを制御する処理をコンピュータに実行させる構成である。

【 0 1 9 0 】

これにより、鮮鋭化処理された画像におけるオーバーシュート・アンダーシュートの発生の問題を抑制することができるという効果を奏する。また、原画像の画像の状態に応じて、上限および／または下限の値を変更し、所望とする鮮鋭化の状態となるように画像処理を行うことができるという効果を奏する。

【 0 1 9 1 】

請求項 1 6 の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、上記の上限および／または下限が、上記第 3 のパラメータを色差微分値で除した値によって決定される処理をコンピュータに実行させる構成である。

【 0 1 9 2 】

これにより、請求項 1 5 の構成による効果に加えて、原画像において十分にエッジが強調されている領域に対しては、上限および／または下限の絶対値が小さくなることによって、2 次微分が不必要に大きくなることが防止され、必要以上

の鮮鋭化処理が抑制されるという効果を奏する。また、原画像において、ぼけがある程度発生している領域に対しては、上限および／または下限の絶対値が大きくなることによって、2次微分は比較的大きくなり、的確に鮮鋭化処理を行うことができるという効果を奏する。

【0193】

請求項17の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、入力された画像データから、その画像データの特徴を表すデータを抽出し、これらのデータを所定のアルゴリズムに入力することによって、上記の第3のパラメータを設定する処理をコンピュータに実行させる構成である。

【0194】

これにより、請求項15または16の構成による効果に加えて、多数の画像を処理しなければならない場合などに、処理時間およびオペレータに対する負担を軽減することができるという効果を奏する。

【0195】

請求項18の発明に係る画像処理プログラムを記録した記録媒体は、原画像の画素データに対して、各色成分毎に2次微分による鮮鋭化処理を行う処理をコンピュータに実行させる構成である。

【0196】

これにより、請求項10ないし17のいずれかの構成による効果に加えて、例えば、原画像において、同程度の濃度差ではあるが、色相が変化することによってエッジが形成されている場合にも、この領域をエッジとして認識し、エッジの強調処理を行うことが可能となるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態におけるラプラシアン演算による鮮鋭化処理の流れを示すフローチャートである。

【図2】

本発明の実施の形態に係る画像出力システムの概略構成を示すブロック図である。

【図 3】

色差微分値の演算の流れを示すフローチャートである。

【図 4】

パラメータ λ およびパラメータ θ を適当な値に設定しておき、パラメータ k を、理想直線からのずれ判定法によって設定する方法の流れを示すフローチャートである。

【図 5】

横軸が原画像の色差微分平均値、縦軸が各 k の値に対して鮮鋭化処理を行った画像の色差微分平均値を示すグラフである。

【図 6】

横軸に k の値、縦軸に各 k の値における比例定数 a_k をとったグラフである。

【図 7】

同図 (a) は、横方向に各画素の位置、縦方向に画素値をとった原画像画素データの概略、同図 (b) は、原画像の画素データの一次微分値、同図 (c) は、原画像の画素データのラプラシアン値、同図 (d) は、(1) 式で求められる、(原画像画素データ) - (ラプラシアン値) をそれぞれ示す説明図である。

【図 8】

同図 (a) は、ノイズが発生している画像における、横方向に各画素の位置、縦方向に画素値をとった原画像画素データ、同図 (b) は、(1) 式で求められる、(原画像画素データ) - (ラプラシアン値) をそれぞれ示す説明図である。

【図 9】

同図 (a) は、エッジが比較的明確となっている画像における、横方向に各画素の位置、縦方向に画素値をとった原画像画素データ、同図 (b) は、原画像の画素データのラプラシアン値、同図 (c) は、上記の (1) 式で求められる、(原画像画素データ) - (ラプラシアン値) をそれぞれ示す説明図である。

【符号の説明】

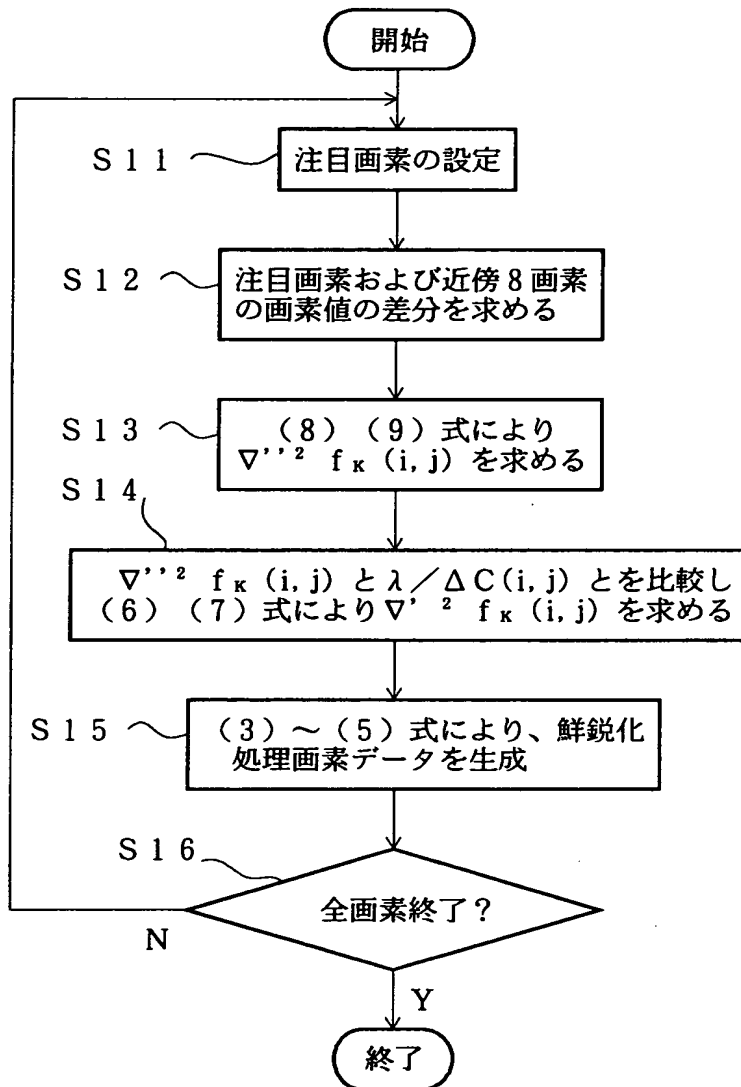
- 1 フィルムスキャナ
- 2 画像処理装置
- 3 写真焼付装置

- 4 画像処理演算部
- 5 表色系変換部
- 6 色差微分演算部
- 7 パラメータ決定部

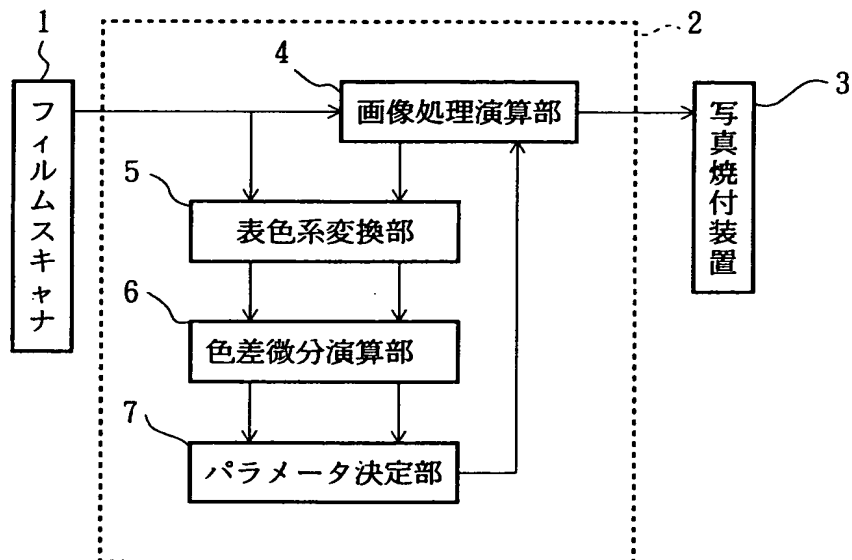
【書類名】

図面

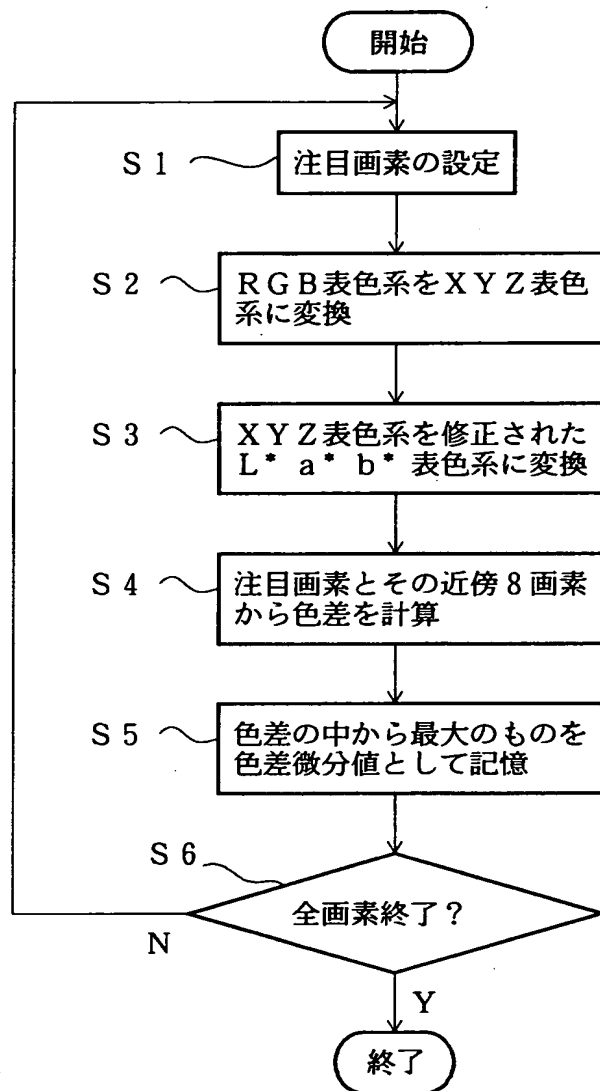
【図 1】



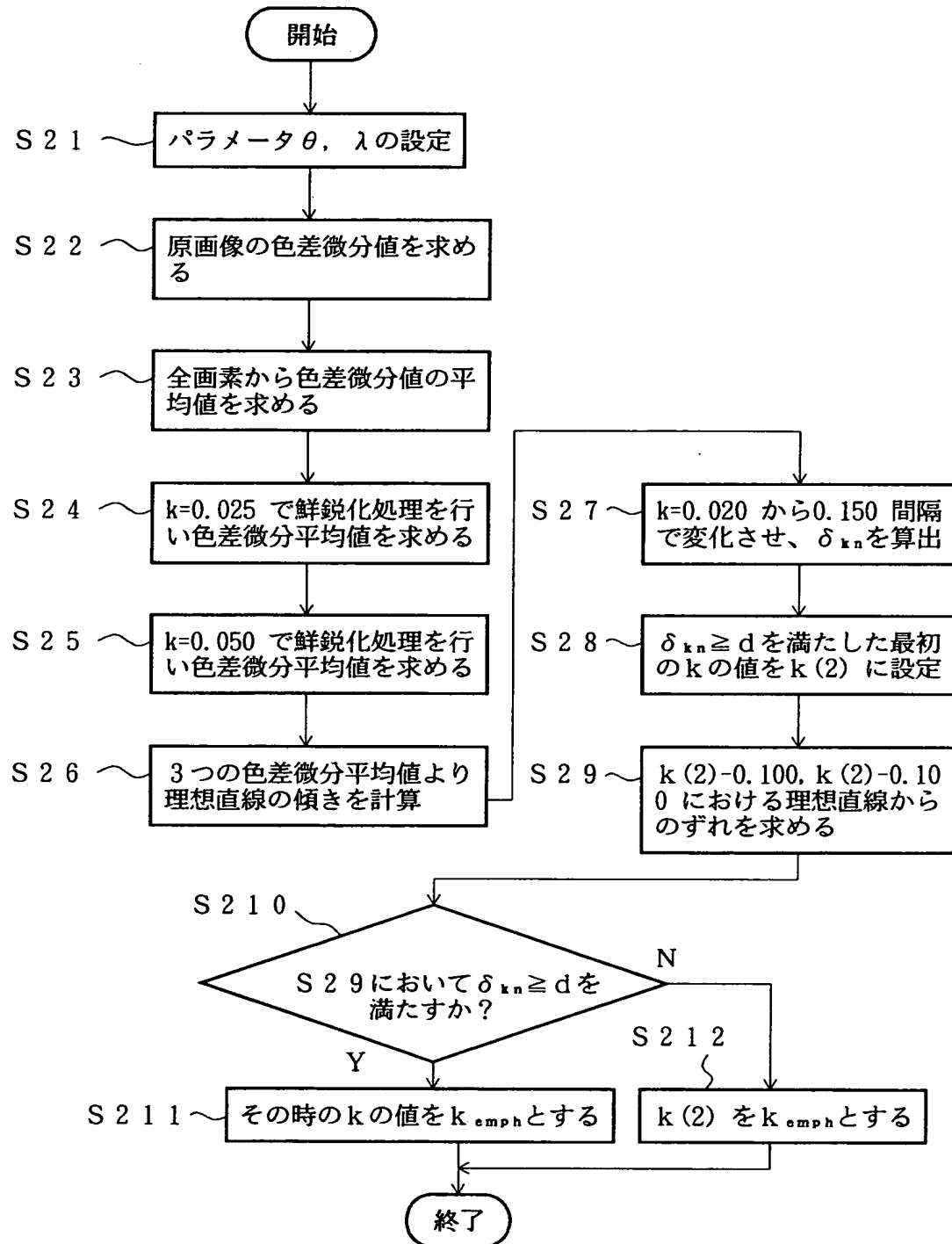
【図 2】



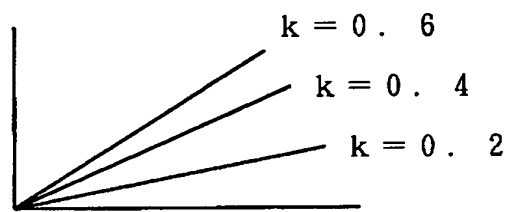
【図 3】



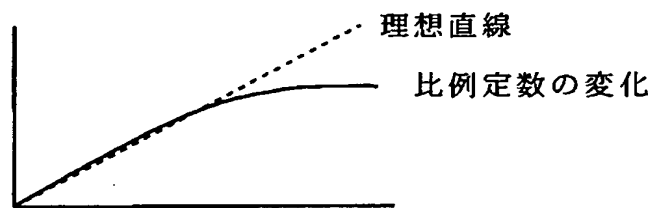
【図 4】



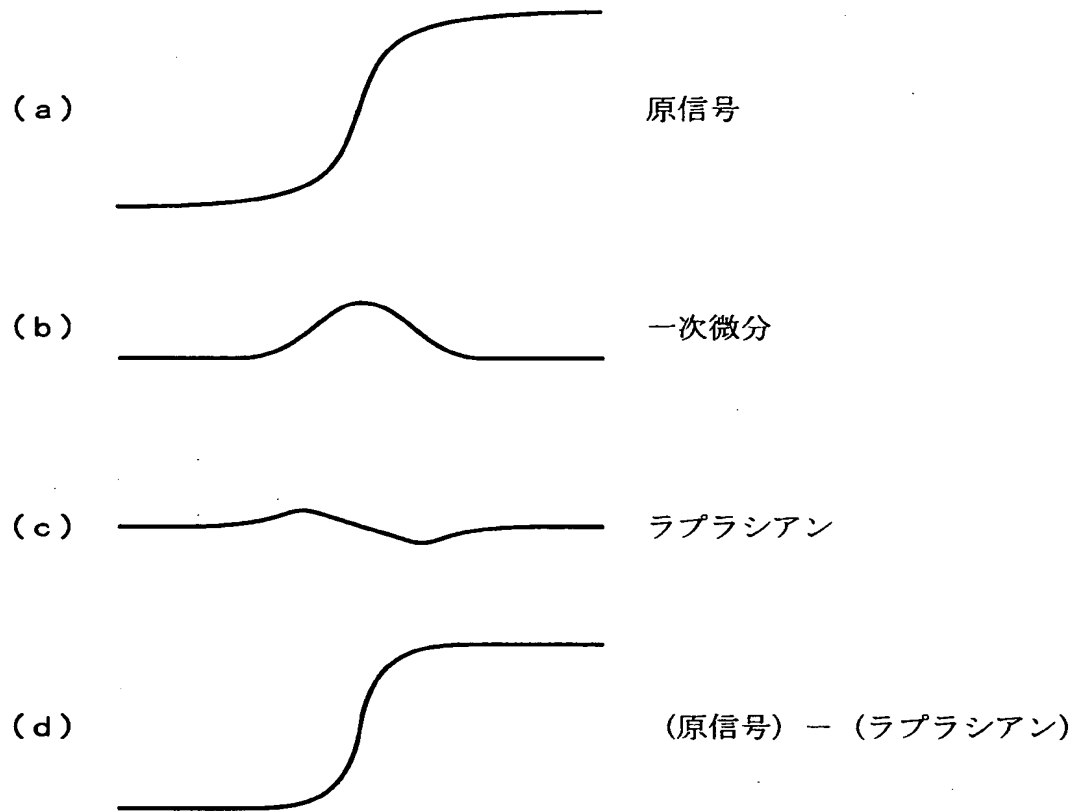
【図 5】



【図 6】




【図 7】

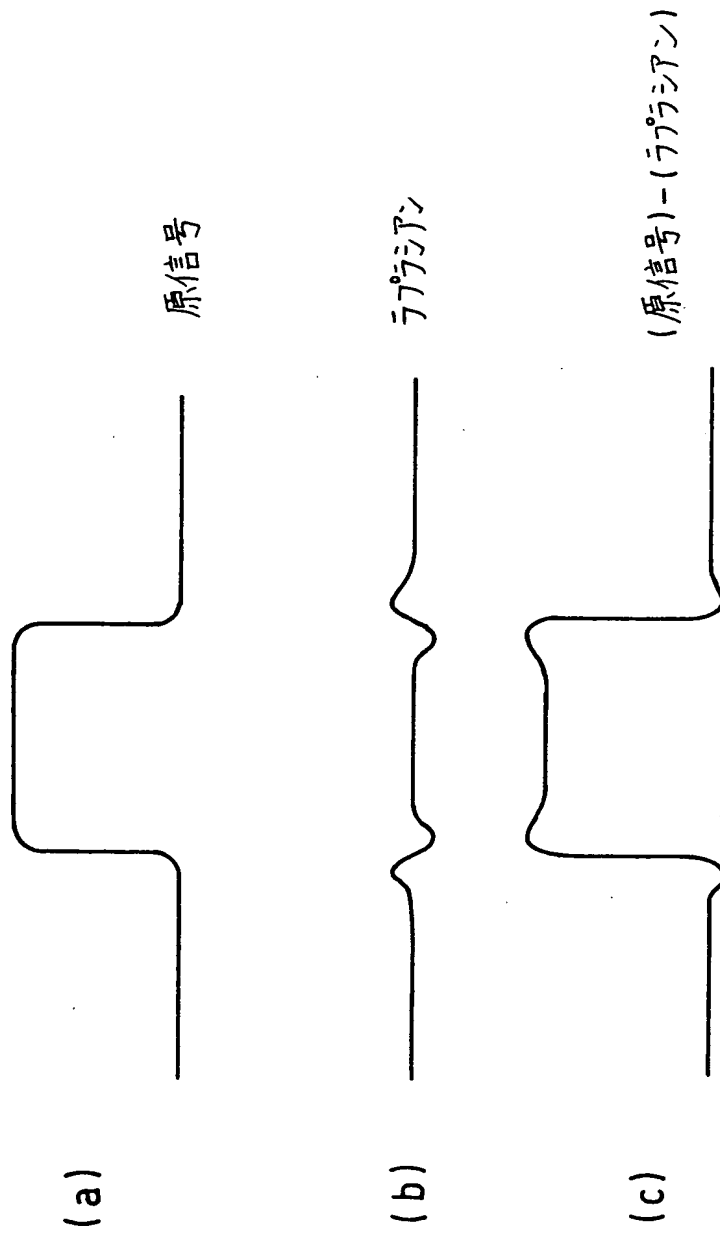


【図 8】

(a)  原信号

(b)  (原信号)-(ラプラスアン)

【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 デジタル画像データに対して、鮮鋭化処理を行う際に、ノイズの強調や、オーバーシュート・アンダーシュートの発生などの問題が生じない画像処理方法および画像処理プログラムを記録した記録媒体を提供する。

【解決手段】 ラプラシアンによる鮮鋭化処理において、原画像からマイナスするラプラシアンの大きさを制御するパラメータ k と、ノイズの影響を抑制するパラメータ θ と、オーバーシュート・アンダーシュートを抑制するパラメータ λ とをそれぞれ設け、原画像の状態に応じて、これらのパラメータを変更させる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000135313]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	和歌山県和歌山市梅原579番地の1
氏 名	ノーリツ鋼機株式会社